

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Studijní program: M 2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 3902T005 – Automatické řízení a inženýrská informatika

**Návrh a realizace modernizace přístroje pro
měření tažnosti těst v potravinářském průmyslu**

**The proposal and implementation of
modernization of the dough extensibility gauge
in the food industry**

Diplomová práce

Autor: **Pavel Perner**

Vedoucí práce: Doc. Ing. Petr Tůma, CSc.

Konzultant: RNDr. Klára Císařová

V Liberci 19. 5. 2006

PROHLÁŠENÍ

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména §60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci dne 19.5.2006

.....

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval panu Doc. Ing. Petru Tůmovi, CSc. za cenné poznatky, vedení a čas věnovaný konzultacím a také panu Ing. Oldřichu Faměrovi, CSc. z České zemědělské univerzity v Praze za mnohá vysvětlení a prostor věnovaný praktické aplikaci.

RESUMÉ

Diplomová práce se zabývá návrhem zlepšeného vyhodnocení přístroje měřícího roztažnost moučných těst. Po úvodu do problematiky měření reologických vlastností těst je vysvětlen stávající způsob vyhodnocení v praxi používaného přístroje, dále jaké požadavky jsou kladeny na jeho modernizaci.

Hlavním cílem této práce je tedy realizace zařízení, které umožní za pomoci osobního počítače snadnější vyhodnocení roztažnosti těst. Na základě znalosti problematiky byl sestrojen obvod a napsán program, který nahradil problematický záznam hodnot.

Funkční vzorek připojený ke stávajícímu zařízení převádí tlak na binární vyjádření a s využitím sériového rozhraní USB zasílá data k vyhodnocení do počítače.

Bylo provedeno několik srovnávacích měření, která potvrdila zjednodušení procesu, zpřehlednění výsledků a možnost nasadit zlepšení do prostředí laboratoře.

Klíčová slova: reologické vlastnosti, alveograf, měření tlaku, USB

THE SUMMARY

My diploma work describes the innovation project of an apparatus measuring extensibility of floury dough. The problems concerning the measuring of rheological properties of floury dough are described in the first part of the diploma work. There is an explanation, how the already existing apparatus analyses the data. The requirements of its innovation are mentioned too.

The main objective of my diploma work is a realisation of a device simplifying the analysis of extensibility of floury dough by means of a computer. Due to the knowledge of these problems the circuit was constructed and the program replacing a difficult record of data was written.

The functional model connected with the existing apparatus transforms the pressure into the binary data. These data are sent by USB interface into the computer and are analysed.

A few comparative measurements were carried out and they confirmed a simplification of the process. The resulting data are better arranged. The innovated apparatus is able to operate in a laboratory.

Keywords: rheological properties, alveograph, pressure measurement, USB

OBSAH

PROHLÁŠENÍ	3
PODĚKOVÁNÍ.....	4
RESUMÉ	5
THE SUMMARY	5
OBSAH.....	6
1 ÚVOD.....	8
2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	9
2.1 PŠENIČNÁ MOUKA	9
2.1.1 Kvalitativní posouzení mouk.....	9
2.1.2 Reologická hodnocení.....	9
2.1.3 Získání vzorku mouky.....	9
2.1.4 Příprava těsta	9
2.2 METODIKA MĚŘENÍ.....	9
2.2.1 Farinograf.....	10
2.2.2 Parametry farinografu.....	10
2.2.3 Extenzograf.....	11
2.2.4 Parametry extenzografu.....	11
2.2.5 Alveograf.....	12
2.2.6 Vyhodnocované parametry:	13
2.2.7 Vztah parametru <i>P</i> a pekařské jakosti	14
2.2.8 Vztah parametru <i>G</i> a pekařské jakosti mouky	14
2.2.9 Vztah deformační energie <i>W</i> a pekařské jakosti.....	14
2.2.10 Konzistograf.....	15
2.2.11 Parametry konzistografu.....	15
2.2.12 Vliv kvality mouky na konzistografické zkoušky	16
2.2.13 Vliv některých složek těsta na jeho reologická stanovení.....	16
3 NÁVRH MODERNIZACE VYHODNOCENÍ ALVEOGRAFU.....	17
3.1 STÁVAJÍCÍ VYHODNOCENÍ ALVEOGRAFU.....	17
3.1.1 Popis vyhodnocení	18
3.2 ALVEOGRAF	18

3.2.1	<i>Popis přístroje.....</i>	19
3.2.2	<i>Pneumatický obvod alveografu.....</i>	20
3.2.3	<i>Ovládací panel.....</i>	20
3.2.4	<i>Kalibrování přístroje</i>	21
3.2.5	<i>Předpoklady modernizace.....</i>	22
3.2.6	<i>Vně osobního počítače</i>	23
3.2.7	<i>Ovládací program.....</i>	23
4	REALIZACE NÁVRHU MĚŘÍCÍHO VZORKU	24
4.1	VÝBĚR SOUČÁSTEK.....	24
4.1.1	<i>Tlakový snímač</i>	24
4.1.2	<i>Napájení tlakového snímače</i>	24
4.1.3	<i>Mikroprocesor</i>	25
4.1.4	<i>ISP programovací rozhraní</i>	26
4.1.5	<i>Programovací kabel dodávaný výrobcem.....</i>	26
4.1.6	<i>USB převodník.....</i>	27
4.1.7	<i>A/D převodník.....</i>	28
4.2	PROGRAM MIKROŘADIČE	29
4.2.1	<i>Popis činnosti.....</i>	29
4.3	POUZDRO MĚŘÍCÍHO VZORKU.....	30
4.4	PROGRAM DO PC	32
4.4.1	<i>Struktura</i>	32
4.4.2	<i>Identifikace v systému</i>	33
4.4.3	<i>Rozhraní programu.....</i>	34
4.4.4	<i>Převodní parametry</i>	37
5	POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ.....	40
5.1	MOUKA OPLATKOVÁ.....	40
5.2	MOUKA PEKAŘSKÁ 530	41
5.3	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ:	42
6	ZÁVĚR	43
	LITERATURA.....	44

1 ÚVOD

Současní spotřebitelé požadují vysokou kvalitu všech potravinářských výrobků, jejich pozornost je zaměřena zejména na výrobky běžné denní spotřeby.

Pro průmyslové pekárny je rozhodující, aby základní používaná surovina, tj. pšeničná mouka, měla požadovanou kvalitu a aby vyhovovala technologickému postupu použitému při výrobě. Kvalitu mouky je tedy nezbytné sledovat, případně ji doupřipravit zlepšujícími přípravky podle požadavků pekáren..

Pro hodnocení vlastností těsta byly vyvinuty různé reologické (deformační) přístroje, které simulují jednotlivé pekařské operace a umožňují posoudit pekařskou kvalitu mouky.

Tato diplomová práce si klade za cíl shrnout stávající metody měření mechanických vlastností, především pak roztažnosti těst. Dále navrhnout modernizaci zastaralého vyhodnocení přístroje pro měření tažnosti. Funkční vzorek zhotovit, uvést do chodu s přístrojem a porovnat výsledky s jiným typem zařízení používaným v praxi.

Realizací je položen základ pro budoucí vývoj vlastní konstrukce prototypu reologické stanice.

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2.1 Pšeničná mouka

Pšeničná mouka je základní surovinou pro pekařský průmysl. Obsahuje oproti ostatním obilovinám nejkvalitnější bílkovinu, která zajišťuje stálost klenby a struktury těsta. Vlastnosti mouky jsou určeny obsahem a charakterem jednotlivých složek. Chemické složení mouky závisí na obsahu složek v zrna a dále je ovlivněno stupněm vymletí zrna. Vysoko vymílané mouky mají vyšší obsah minerálních látek, vlákniny, tuku i bílkovin a nižší obsah škrobu než mouky s nízkým stupněm vymletí.

2.1.1 Kvalitativní posouzení mouk

V dnešní době se na mouce měří okolo dvou desítek různých parametrů, část z nich je zkoumána chemickou cestou, jde především o obsah těžkých kovů, procento plísní, bakteriálních zárodků apod. Druhý přístup k posuzování jakosti mouky je mechanický, kdy se těsto různými způsoby hněte, natahuje či vyfukuje.

2.1.2 Reologická hodnocení

Reologická měření vlastností těsta umožňují posoudit technologickou jakost za podmínek odpovídajících jejímu zpracování v pekárně. Odpor těsta proti mechanickému namáhání, tažnost, pružnost a stabilita těsta při mechanickém namáhání jsou reologické vlastnosti těsta, které se při měření sledují [3].

2.1.3 Získání vzorku mouky

Vzorek mouky je získáván nejen ze semelku průmyslového mlýna, ale také velmi často z malého laboratorního mlýna, kde se zjišťuje jakost obilí ještě před zpracováním.

2.1.4 Příprava těsta

Základem vzorku těsta určeného k analýze je mouka, voda a sůl. V průběhu hnětení těsta dochází k postupné tvorbě prostorové trojrozměrné sítě. Optimálně vyhnětené těsto pro pekařské účely klade největší odpor vůči napínání.

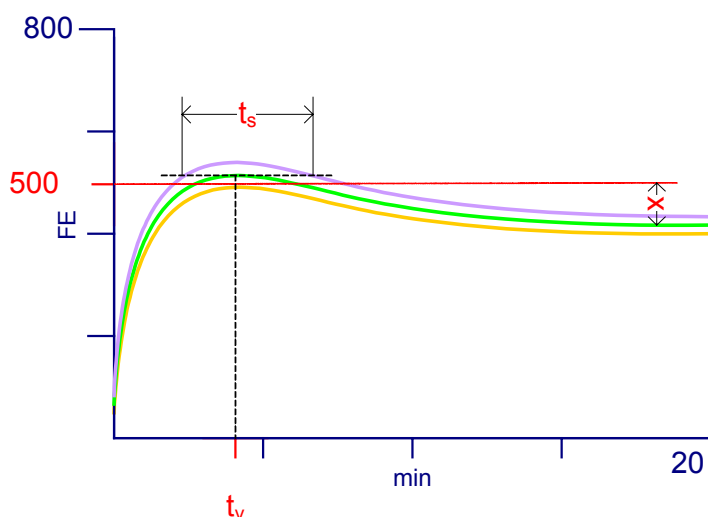
2.2 Metodika měření

Pro měření reologických vlastností těsta se využívají různé metody a zařízení. Běžně užívanými přístroji jsou farinograf, extensograf, konzistograf a alveograf.

V Evropě se několik firem zabývá vývojem a výrobou laboratorních přístrojů (M.Chopin – Francie, Brabender – Německo, Egger – Rakousko). Přístroje se odlišují co do technického zpracování, způsobu vyhodnocení, ale z hlediska měřených veličin dodržují stanovené normy.

2.2.1 Farinograf

Farinograf umožňuje charakterizovat kvalitu mouky na základě odolnosti těsta z ní vyrobeného proti mechanickému hnětení (ČSN ISO 5530-1). K pšeničné mouce se přidává destilovaná voda do vytvoření těsta maximální konzistence 500 Brabenderových jednotek (BJ – jmenovitá jednotka definována na stupnici extenzografu, značí se také BE, FE). Těsto se dále hněte po stanovenou dobu. Průběh hnětení se registruje v podobě farinografické křivky na obr.1-1. Hnětačka farinografu je vybavena dvěma lopatkami, které se otáčejí frekvencí 90 a 63 otáček za minutu [5].



Obr.1-1 – Křivky farinografu

2.2.2 Parametry farinografu

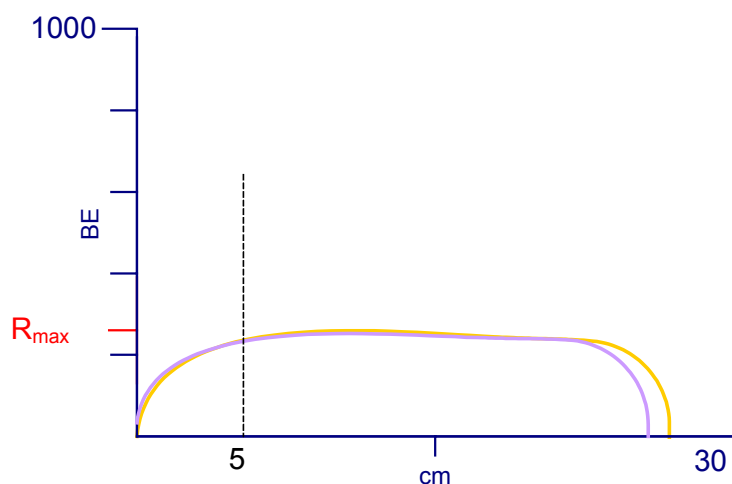
- *Farinografická vaznost* je množství vody [ml] přidané k mouce, potřebné k dosažení maximální konzistence 500 BJ, uvádí se v [%] na hmotnost mouky.
- *Vývin těsta t_v* je vyjádřen časem [min] od počátku přidání vody do okamžiku prvního příznaku poklesu od maximální konzistence.

- *Pokles konzistence x (stupeň změknutí)* je rozdíl mezi hodnotou konzistence (střední hodnota šíře křivky) v okamžiku maxima a za 12 minut od maxima [BJ].
- *Stabilita těsta t_s* je určena časem [min] od okamžiku prvního překročení konzistence 500 BJ do posledního překročení této hodnoty.

Při hodnocení pekařské technologické kvality pšenic a mouk se předpokládá, že pšenice, resp. mouka s kvalitnější bílkovinou, má vyšší vaznost, delší dobu vývinu těsta a větší stabilitu konzistence.

2.2.3 Extenzograf

Extenzograf umožňuje na základě měření průběhu délkové deformace těsta a jeho napětí posouzení pekařské kvality mouky (ČSN ISO 5530-2). Těsto připravené ve hnětačce z mouky a roztoku NaCl, je skulováno a vytvarováno do válečku. Těsto umístěné v podložním žlábků je uloženo do temperovaného prostoru k odležení na dobu 45, 90 a 135 minut. Vlastní měření je realizováno rovnoměrným klesáním háku, který napíná volnou část válečku těsta až do jeho přetržení [4].



Obr. 1-2 – Křivky extenzografu

2.2.4 Parametry extenzografu

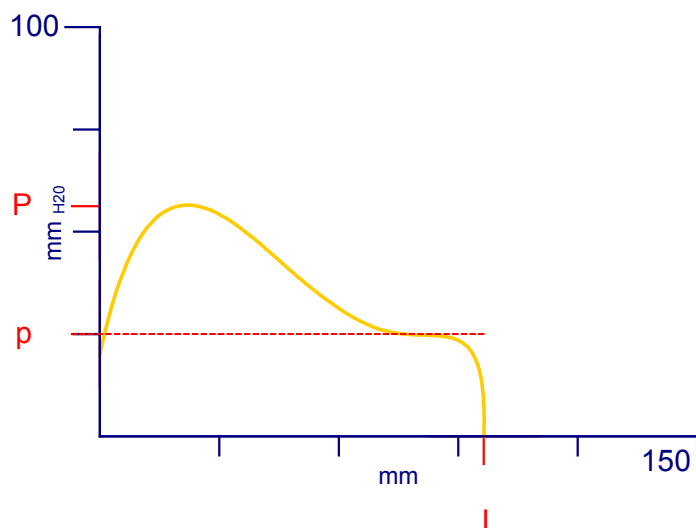
- *Extenzografická vaznost* je objem roztoku NaCl [ml] potřebného pro vytvoření těsta požadované konzistence 500BJ, uvádí se v [%] na hmotnost mouky.

- *Extensografické maximum R_{max} [BE]* vyjadřuje výšku křivky v největším bodě.
- *Odpor těsta R_{50}* je určen výškou křivky po 5 cm od počátku natahování těsta [BE].
- *Tažnost těsta d* je délka křivky [mm] od počátku natahování těsta až do jeho přetržení.
- *Extenzografická energie* je vyjádřena plochou ohraničenou křivkou a nulovou základnou [cm²].
- *Poměrové číslo* je poměr odporu těsta a tažnosti.

Pomocí extensografické křivky (obr. 1-2) lze charakterizovat pekařskou kvalitu mouky a těsta. Malá hodnota extenzografického maxima je typická pro mouky s nízkým obsahem lepku. Těsto z takové mouky je roztékavé a lepivé. Vysoká hodnota odporu těsta značí přítomnost silného lepku, vytvořené těsto je pevné a mechanicky odolné. Extenzografická energie je měřítkem zpracovatelnosti mouky. Nízkou energií se vyznačuje těsto citlivější k podmínkám zpracování. Výrobky z takového těsta mají malý objem.

2.2.5 Alveograf

Alveograf umožňuje zjišťovat pekařskou kvalitu mouky na základě biaxiální plošné deformace plátku těsta napínaného tlakem plynu (ČSN ISO 5530-4). Těsto se připravuje z mouky a 2,5% roztoku NaCl ve hnětačce, vybavené jednou otočnou lopatkou ve tvaru písmene Z, otáčející se frekvencí 60 otáček za minutu. Pro jedno měření se užívá dávka 250 g +/- 5 g mouky. Po vyhnětení je těsto rozděleno na pět stejných částí a protlačeno otvorem, čímž je zformován tenký plátek vytvarovaný pro další měření. Po odležení v temperované komůrce při teplotě 25° C se plátek těsta upne kruhovým držákem nad otvorem přivádějícím přetlakový plyn. Vzorek těsta se začne deformovat ve dvou směrech, zvětšuje svůj objem, tlak uvnitř bubliny se snižuje a křivka klesá. Bublina se zvětšuje až do okamžiku, kdy se objeví první trhлина v bláně, čímž pokus končí [3].



Obr 1-3 – Křivka alveografu

2.2.6 Vyhodnocované parametry:

- *Maximální přetlak P* je tlak [mmH₂O] odpovídající maximálnímu odporu těsta proti deformaci. Veličina P je funkcí konzistence těsta. Nadměrný odpor může vést k nedostatečné tažnosti těsta (parametry L a G mají nízkou hodnotu).
- *Tažnost L* je délka křivky [mm] od začátku pokusu do okamžiku protržení bubliny.
- *Deformační energie W* vyjadřuje práci [10^{-4} J] nezbytnou k deformaci vzorku těsta vztaženou na jeden gram těsta. Závislost na ploše S ohraničené alveografickou křivkou je daná vztahem $W=1,32 \cdot (V/L) \cdot S$, kde V je objem vypuštěného vzduchu v mm³, pro praktický výpočet se používá vztah $W=S \cdot 6,54$. Vyjadřuje pekařskou jakost zkoušené mouky a je funkcí parametrů P a L .
- *Index elasticity I_e* souvisí s pružným odporem těsta. Je určen vztahem $I_e=P_{200}/P$ [%], kde P_{200} je tlak změřený v bublině po vtlačení 200 ml vzduchu pod plátek.
- *Index nafouknutí G* charakterizuje tažnost vzorku. Je znakem velikosti bubliny, který odpovídá objemu vzduchu nezbytnému k jejímu protržení. Pro parametry G a L platí vztah $G=2,226 \cdot \sqrt{L}$.
- *Poměrové číslo P/L* charakterizuje tvar křivky. Vyjadřuje, zda je těsto spíše pevné ($P/L > 1$) nebo spíše tažné ($P/L < 1$).

- *Parametr p* je tlak [mb] odpovídající výšce křivky v okamžiku protržení bubliny. Parametr p souvisí také s tuhostí těsta. O jakosti mouky však nenese žádnou informaci.
- *Parametr DM* je definován jako minimální hodnota první derivace alveografické křivky. DM se nepoužívá pro běžné hodnocení mouk v průmyslových podmínkách, ale je často zmiňován v odborné literatuře. Bylo zjištěno, že mouka dobré kvality vykazuje nižší hodnoty DM .

Mezi parametry P , G , W a P/L neexistuje absolutní vztah. Hodnoty alveografických parametrů jsou závislé na kvalitě mouky, na receptuře a na typu surovin a přísad.

2.2.7 Vztah parametru P a pekařské jakosti

Faktor P je ukazatelem pevnosti těsta a uvádí se i jeho vztah k vaznosti mouky. Mezi faktorem P a objemem výrobku neexistuje přímý vztah, ale existuje vztah mezi P a výtěžností výrobků ze zkoušené mouky. Mouky s nízkou hodnotou P mají tendenci k rychlejšímu poklesu konzistence při hnětení.

2.2.8 Vztah parametru G a pekařské jakosti mouky

Veličina G charakterizuje schopnost těsta protahovat se ve směru dvou os bez přetržení a vypovídá o schopnosti zadržení plynů v důsledku tažnosti těsta. Těsto s hodnotou G menší než 20 jsou málo tažná. Vyznačují se pomalým vývinem při hnětení, nedostatkem tažnosti při tvarování a laminování, ale dobrou stabilitou. Nedostatek tažnosti pak způsobuje malý nárůst objemu výrobku.

Těsta s hodnotou G větší než 24 jsou tažná a mají rychlejší vývin, ale horší stabilitu. Pro výrobu běžného pečiva se hodí mouky s hodnotou G od 20 do 24.

2.2.9 Vztah deformační energie W a pekařské jakosti

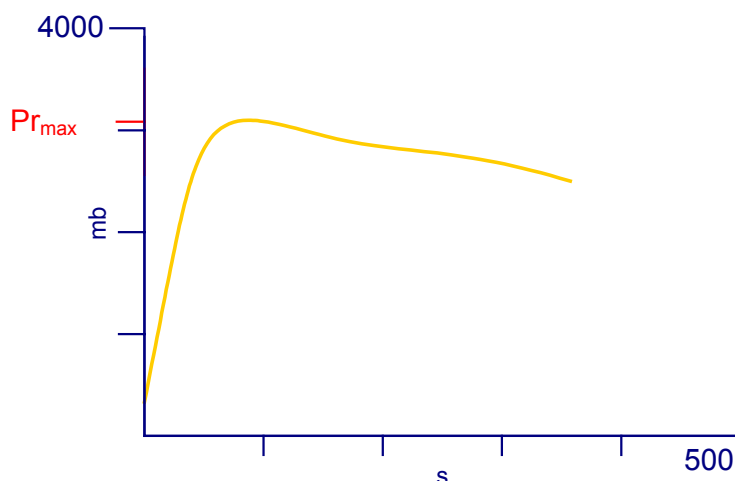
Veličina W představuje práci potřebnou k biaxiální deformaci těsta. Samotná veličina W charakterizuje mouky odlišné kvality, ale nevypovídá jednoznačně o pekařské kvalitě mouky. Mouka vhodná pro pečivářenské účely má nízké W , pekařské mouky mají hodnoty deformační energie vyšší než $200 \cdot 10^{-4}$ J. Mouky s vysokou hodnotou W je možné používat pro složitější technologické postupy, např. pro výrobu

mražených těst. Pro určení pekařské jakosti mouky je vhodné doplnit informaci o hodnotě deformační energie mouky o hodnotu parametru P/L případně G .

2.2.10 Konzistograf

Přístroj konzistograf byl vyvinut pro měření vaznosti mouky a sledování chování těsta v průběhu hnětení. Konzistograf bývá nejčastěji používán ve spojení s alveografem, kompletní přístroj se označuje jako alveokonzistograf. V současné době je již schválena norma ICC 171 pro konzistografickou zkoušku.

Konzistograf je vybaven tlakovým čidlem, umístěným v boční stěně hnětačky. Namísto jednokřídlého mísícího ramene používaného při alveografických měřeních je použito dvoukřídlé mísící rameno. K boční stěně konzistografu je připevněn silný trn zvyšující účinnost hnětení a zamezující hrudkovatění. Princip konzistografu spočívá v měření tlaku, kterým působí těsto při hnětení na tlakové čidlo. Výstup z tlakového čidla slouží pro následující zpracování a výpočty.



Obr 1-4 – Křivka konzistografu

2.2.11 Parametry konzistografu

- $Pr-max$ je maximální hodnota tlaku [mb], které bylo v průběhu měření dosaženo.
- *Vývin těsta* T_{Pr-max} je vyjádřen časem [s], kdy bylo dosaženo maximální hodnoty tlaku.
- *Stabilita těsta* T_{ol} je doba [s], po kterou těsto vytváří tlak v hodnotě ($Pr-max - 20\%$) a vyšší.

- *Pokles konsistence D_{250}* je určen poklesem tlaku [mb] oproti *Pr-max* po 250 s hnětení.
- *Pokles konsistence D_{450}* je určen poklesem tlaku [mb] oproti *Pr-max* po 450 s hnětení.

2.2.12 Vliv kvality mouky na konzistografické zkoušky

Silnější mouky s vyšším obsahem kvalitního lepku se vyznačují delší dobou stability a menším poklesem konsistence. Slabé mouky mají kratší stabilitu během hnětení a vyšší pokles tlaku sledovaný ve 250 s a 450 s měření. U slabších mouk je čas potřebný k dosažení maximálního tlaku *Pr-max* kratší než u mouk silných, tzn. že doba vývinu těsta je kratší. Velký pokles tlaku ve 250 s a 450 s může být způsoben poškozením škrobu nebo vysokou elasticitou lepku.

2.2.13 Vliv některých složek těsta na jeho reologická stanovení

- *Sůl* způsobuje zesílení proteinové sítě. Tento efekt je důležitý pro snížení lepivosti těsta na konci hnětení.
- *Cukr* v malých koncentracích výrazně neovlivňuje reologické vlastnosti těsta. Ve vyšších koncentracích snižuje odpor těsta a zvyšuje jeho tažnost, dochází k poklesu alveografické energie. Při vyšším přidavku cukru těsto ztrácí pevnost a pružnost [3].
- *Čerstvé droždí* v množství 0-5% neovlivňuje výrazně vlastnosti těsta při hnětení a vyhodnocení.
- *Lepek* přidávaný do těsta zesiluje bílkovinou sít' a ovlivňuje viskoelastické chování těsta.
- *Kyseliny askorbové* se přidává do pekařských mouk za účelem zlepšení pekařských vlastností mouky a zvětšení objemu pečiva. Přítomnost kyseliny askorbové se projeví zvýšením pružnosti a stabilitou těsta. Přídavek kyseliny je velmi nepatrný, řádově v tisícinách procent.
- *Komplexně zlepšující přípravky* vedou k upravení reologických vlastností těsta takovým způsobem, aby těsto vyhovovalo použité technologii. Druhým cílem je dosažení typické chuti a aroma pekařských výrobků.

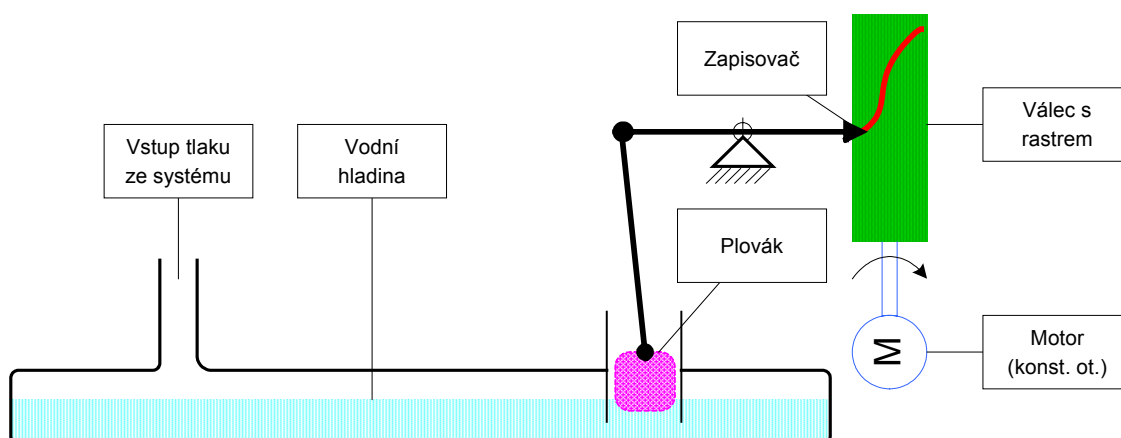
3 NÁVRH MODERNIZACE VYHODNOCENÍ ALVEOGRAFU

3.1 Stávající vyhodnocení alveografu

Zařízení, určené k modernizaci, je od francouzského výrobce. Stávající vyhodnocení měl tento přístroj mechanicky opotřebené a neschopné provozu. Tlaková veličina se přiváděla do soustavy spojených nádob, kde působila na hladinu vody, která v nádobce s menší plochou hladiny pohybovala plovákem, který dále přes pákový mechanismus a psací zařízení zapisoval na milimetrový papír otáčející se na bubnu konstantními otáčkami.

S tímto vyhodnocováním se bylo možné setkat i u extensografu a konzistografu. Dnešní modely bývají vybaveny vlastním vyhodnocením s dotykovou obrazovkou, avšak v patřičné cenové relaci, proto má takový zásah do stávajícího systému svoje opodstatnění.. Mechanické vyhodnocení se však dodává na přání zákazníka i dnes.

Ve prospěch využití výpočetní techniky hovoří hledisko snadného zpracování hodnot, kdy již obsluha nemusí např. plochu pod křivkou měřit planimetricky nebo častěji sčítat počet čtverečků na milimetrovém papíře, což mimo pracnosti znamenalo také zvýšenou chybovost.



Obr. 2-1 Zastaralé vyhodnocení

Vstup tlaku ze systému	V tomto místě působí stejný tlak jako v bublině těsta.
Vodní hladina	Vstupující tlak působí na větší část vodní hladiny.
Plovák	Plovák sleduje hladinu v menší nádobce.
Motor	Rotor se roztočí synchronními otáčkami.
Válec s rastrem	Buben spojený s rotorem motoru odvinující rastrovaný (milimetrový) papír.

Zapisovač	Plovák přes pákový mechanismus vychyluje zapisovač, který zanechává křivku na papíře.
------------------	---

Tab. 2-1 Popis konstrukce

3.1.1 Popis vyhodnocení

Obsluha spustí dmychadlo na alveografu, tím začne růst tlak a také se konstantními otáčkami roztočí motor bubnu s rastrovaným papírem (potisk připomíná milimetrový papír).

Se vzrůstajícím tlakem se snižuje hladina v nádobě a naopak v přírubě, kde se pohybuje plovák, hladina vzrůstá. Zapisovač se vychyluje pákovým mechanismem podle výšky hladiny u plováku a na otáčející papír pak vykresluje křivku.

Z výsledného průběhu obsluha vyčte průměrnou délku a výšku, spočte nebo změří plochu pod křivkou, ze které získá energii těsta.

Výhody	Nevýhody
<ul style="list-style-type: none"> • Řešení bez počítače a připojené tiskárny. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mechanismus není bezztrátový, tak působí zpětně na proces měření. • Problém vysychání zapisovacích tužek. • Obsluha musí veškeré vyhodnocení provést manuálně. • Vliv odpaření kapaliny v nádobě.

Tab. 2-2 Vlastnosti vyhodnocení

3.2 Alveograf

Přístroj viz obr. je francouzské výroby firmy M.Chopin & CIE. Tento model se vyráběl již v 80tých letech.

3.2.1 Popis přístroje

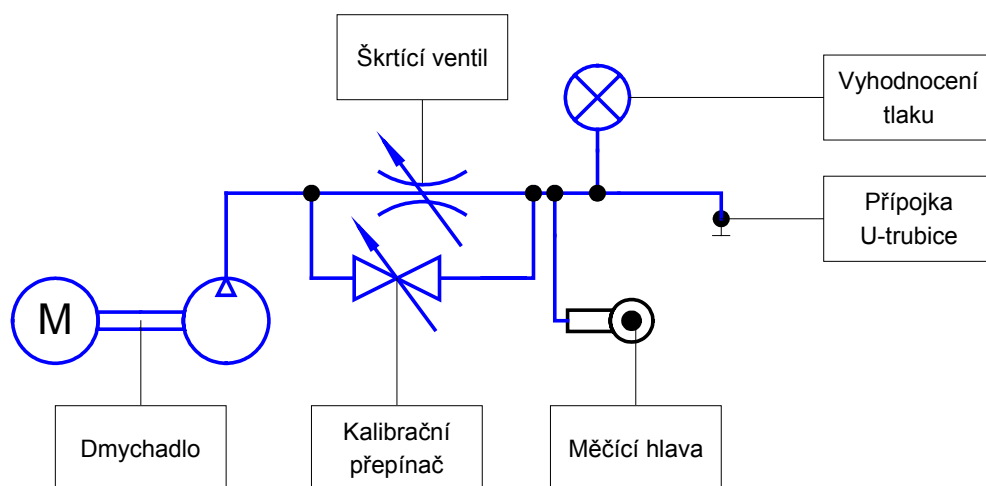


Obr. 2-2 Alveograf

Ovládací panel	Na panelu je hlavní vypínač, dále pak prvky pro kalibraci tlaku v systému a zapnutí temperace v odležovací komůrce. Na displejích se zobrazuje teplota v laboratoři a v komůrce.
Měřicí hlava	Před měřením se potírá dno arašídovým olejem. Do hlavy se vkládají vzorky těsta určené k analýze.
Temperační komora	Slouží pro odležení vzorků těsta po dobu cca 14 min, teplota uvnitř je regulována na 25°C.
Spouštění dmyhadla	Otočením spustí obsluha dmyhadlo do systému. Tím se také vydá pokyn pro začátek záznamu měření.
Kalibrační štěrba	Vkládá se do měřicí hlavy, slouží pro kalibraci tlaku ve vnitřním vzduchování.
Dotahovací matice	Zafixuje kalibrační člen v měřicí hlavě.

Tab. 2-3 Popis přístroje

3.2.2 Pneumatický obvod alveografu



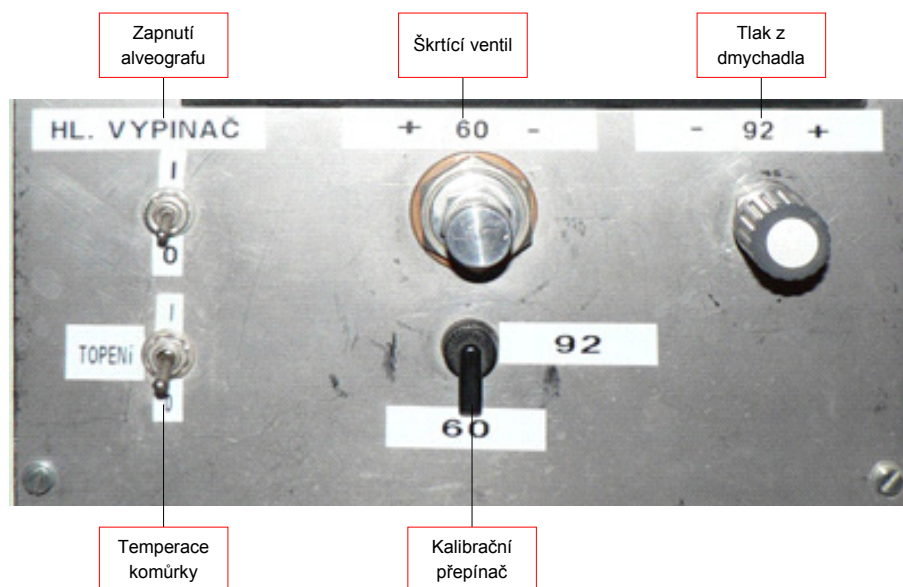
Obr. 2-3 Pneumatické schéma

Dmychadlo	Motorem ovládané tlakování vytváří tlak okolo 92mmH ₂ O. Průběh tlaku je mírně pulzující.
Škrtící ventil	Sníží tlak na 60mmH ₂ O, čímž také pulzaci potlačí.
Vyhodnocení tlaku	Přípojka, kde je další zařízení schopno tlak zaznamenávat.
Přípojka U-trubice	Zde se připojí trubice s vodním sloupcem a nastavuje se dle požadované výchylky vodního sloupce.
Měřicí hlava	Slouží pro vložení vzorku těsta, případně pro uchycení kalibrační štěrby.
Kalibrační přepínač	Ventil vpustí do pneumatické části, kde je měřicí hlava a U-trubice tlak buď přímo z dmychadla (92mm H ₂ O) nebo přiškrcený (60mm H ₂ O).

Tab. 2-4 Rozpis členů

3.2.3 Ovládací panel

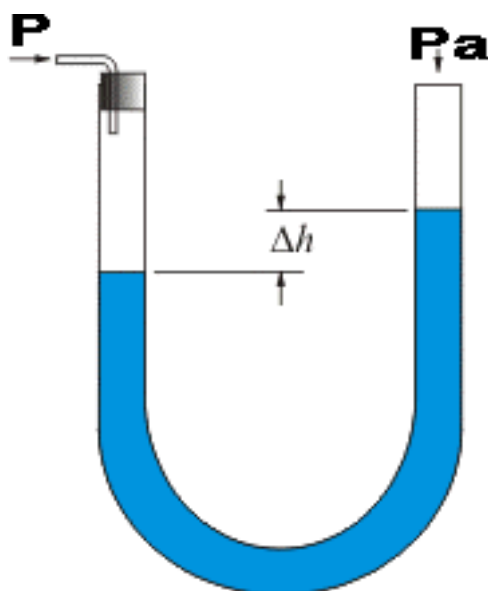
Během měření obsluha nastavení na ovládacím panelu nemění. Pouze podle potřeby zapne/vypne celý přístroj nebo jeho vyhřívanou odležovací část. Kalibrace by se v ideálním případě měla provádět před každým měřením, což se v praxi neprovádí, ale jako při vytíženém provozu by se kalibrace měla během pracovní doby provést alespoň dvakrát.



Obr. 2-4 Detail panelu

3.2.4 Kalibrování přístroje

Alveograf nemá autoregulaci, vlastní nastavení hodnot tlaku v pneumatické části je záležitostí laboratorní obsluhy. Jako kalibrační člen se používá vodní U-trubice (obr. 2-5). Kde hodnota P je tlak v systému, P_a je atmosférický tlak. Diferencí tlaků dojde k odchýlení vodních hladin a jejich rozdíl Δh [mmH₂O] je vyjádření tlaku v systému bez vlivu atmosféry.



Obr. 2-5 Vodní U-trubice

Obsluha přepne hlavní vypínač (obr. 2-4) do polohy jedna. Do měřicí hlavy vloží kalibrační štěrbinu a zajistí dotahovací maticí. Pokud by tak neučinila, byl by tlak vyfukován přímo do atmosféry a kalibrace by nebyla možná. Štěrbina nahrazuje odpor těsta při vyfukování.

Během kalibrace se nejprve nastavuje tlak vyfukovaný z dmychadla na 92 mmH₂O. Kalibrační přepínač je v poloze 92, čímž se na výstup dostane tlak přímo od dmychadla, jehož otáčky se řídí pravým trimrem. Průběh tlaku z dmychadla je mírně pulzující, ale soustava spojených nádob působí jako filtr, tedy vidíme střední hodnotu tlaku. Je-li tedy rozdíl vodních hladin ve sloupci 92 mm, přepne obsluha kalibrační přepínač do polohy 60.

Pokud není výchylka hladin v trubici 60 mm, škrcením či přiotvřením ventilu se toho dosáhne. Nyní je alveograf způsobile připravený k měření.

Při běžném laboratorním provozu se taková kalibrace provádí dvakrát denně. Tím, že systém nemá zpětnou vazbu, dochází k odchýlení nastavených parametrů např. vlivem kolísání napětí, zahřátím motorku dmychadla či nedobrým utěsněním pneumatické části.

3.2.5 Předpoklady modernizace

Návrh předpokládá upustit od mechanických elementů a použít řešení elektronické. Vyhodnocování by nemělo nijak ovlivňovat proces měření, nemělo by zasahovat do mechanického uspořádání ani elektrického obvodu alveografu. To znamená, že může být kdykoliv odejmuto, vyměněno. Měřicí vzorek by měl být testovatelný i konfigurovatelný bez vlastního programu běžně dostupným prostředkem.

Potřebným nastavením je maximální počet vyslaných dat při jednom měření, tímto se ošetří poruchová situace na přístroji, když by z nějakého důvodu nerozepnul kontakt v okamžiku, kdy končí měření vzorku těsta.

3.2.6 Vně osobního počítače

Vstup tlakové veličiny	Zjišťovanou veličinou je tlak v systému. Pro jeho měření je vhodné užít tlakový senzor s vhodným rozsahem. Maximální hodnota dosažitelného tlaku alveografu je 92mm vodního sloupce. Je na místě užít linearizovaný snímač s diferenčními vstupy. Tím se odstraní vliv změny atmosférického tlaku na samotné měření.
Začátek/konec měření	Měření probíhá v době, kdy je spuštěno dmychadlo, jeho spouštěč má pomocný kontakt, který spojí dva piny na desce s mikroprocesorem, který takto pozná, že má data vysílat do počítače.
Použití vhodných propojek	Veškerá propojovací rozhraní by měla být na boční stěně s možností snadného, nikoliv nahodilého rozpojení/spojení.
Signalizace připojení	Ukazatel připojení případně probíhající komunikace.
Vhodné rozhraní pro osobní počítač	Jako rozhraní se nabízejí dvě sériová. První možnou je RS232C, druhou pak USB 1.1 (2.0). Z pohledu návrhu desky jsou si zhruba rovnocenná. Z hlediska vývoje periférií počítače je vhodnější USB
Vlastní napájení	Výběrem linky USB je rozhodnuto o způsobu napájení, které bude uskutečněno právě z tohoto rozhraní.
Konfigurace	Příkazem nastavit počet vyslaných dat na jedno měření a vzorkovací frekvenci.

Tab. 2-5 Technické požadavky

3.2.7 Ovládací program

Stav zařízení	Zda je měřící vzorek správně připojen a na kterém komunikačním portu se nachází.
Kalibrace tlakového snímače	Bezrozměrná data je potřeba vyjádřit do správných hodnot tlaku.
Filtrování dat	Přijatá data jsou zatížena šumem a vhodným filtrem pak tento jev odstranit.
Zobrazení hodnot do grafu	Vykreslení vývoje tlakové veličiny do soustavy souřadnic.
Zpracování několika průběhu	Z více naměřených křivek odstranit nevhodné a zbylé zpracovat.
Výpočet dílčích parametrů	Vyhodnotit parametry délku, výšku, energii apod.
Tisk hodnot	Vytištění laboratorního protokolu s číslem vzorku, popisem, datem, grafem a vypočtenými koeficienty.

Tab. 2-6 Programové požadavky

4 REALIZACE NÁVRHU MĚŘÍCÍHO VZORKU

4.1 Výběr součástek

4.1.1 Tlakový snímač

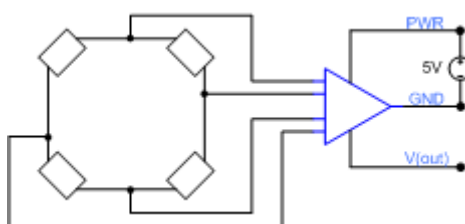
Pro tento typ aplikace je vhodné použít diferenční snímač s lineární převodní charakteristikou. Pracovní rozsah tlaku alveografu je 0-92 mmH₂O. Nabízí se typ GA100-005WD.



Obr. 3-1 Tlakový snímač

Výrobce	SCHAEVITZ SENSORS
Typ	GA100-005WD
Rozsah tlaku	0-127 mm vodního sloupce
Napájení	5,0 ± 0,25 V
Výstupní napětí	0,5 - 4,5V
Poznámky	Lineární charakteristika, teplotní kompenzace

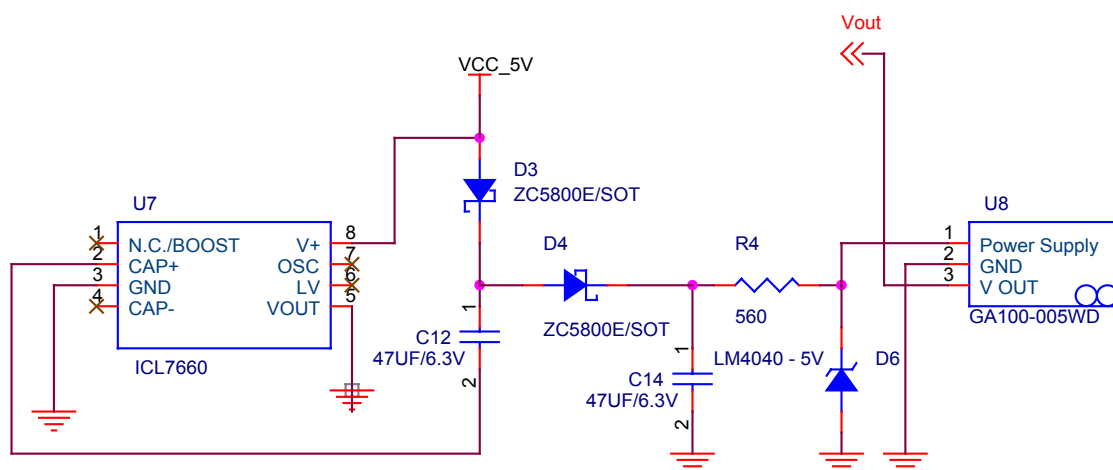
Tab. 3-1 Technické parametry snímače



Obr. 3-2 Vnitřní blokové schéma snímače tlaku

4.1.2 Napájení tlakového snímače

Výstupní napětí je závislé také na kolísání napájení. Napěťovou pumpou se odvodí z USB napájení ($5 \pm 0,25V$) cca 8,6V, ze kterých se referenci vytvoří stabilních 5V.



Obr. 3-3 Obvodové řešení stabilního napájení

4.1.3 Mikroprocesor

Na procesor nejsou kladeny mimořádné nároky, měl by mít nižší spotřebu, menší pouzdro a vhodný vývojový prostředek. Pro nahrání kódu poslouží ISP (In System Programmable) rozhraní na desce, dále je vhodné, aby měl procesor vnitřní resetovací obvod. Data se posílají rychlostí 115 200 kb/s, proto stačí nižší taktovací frekvence 3,6864 MHz. Také z hlediska dostupnosti je vhodný typ Atmega8L-8AU



Obr. 3-4 Atmega8L-8AU

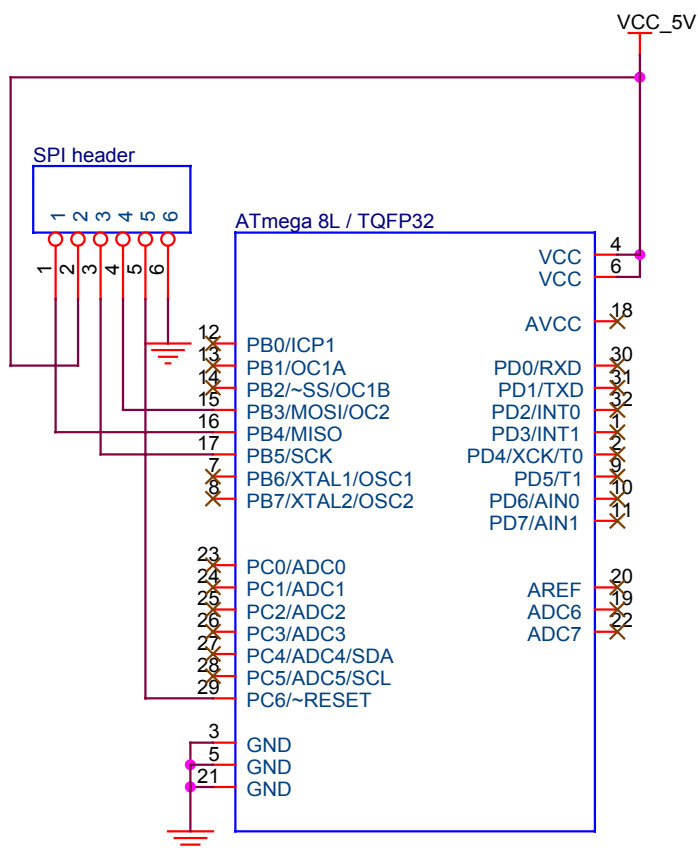
Výrobce	Atmel Corporation
Typ	Atmega8L-8AU
Taktovací frekvence	0-8 MHz
EEPROM	512 B
SRAM	1 KB
A/D převodník	8 kanálů (10 b)
Spotřeba	4 mA (při 4MHz taktovací frekvenci)
Poznámky	Pull up/down, Brown-out, SPI

Tab. 3-2 Technické parametry procesoru

4.1.4 ISP programovací rozhraní

**Programovací konektor SPI
(Serial Peripheral Interface)
na desce:**

- 1 *MISO* (masterIN, slaveOUT)
- 2 *VCC_5V* napájení
- 3 *SCK* časování
- 4 *MOSI* (masterOUT, slaveIN)
- 5 *RESET*
- 6 *GND* uzemnění

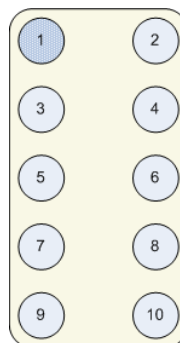


Obr. 3-5 Zapojení SPI konektoru

4.1.5 Programovací kabel dodávaný výrobcem

SPI programovací kabel:

- 1 *SCK* časování
- 2,10 *GND* uzemnění
- 3 *MISO* masterIN, slaveOUT
- 4 *VCC_5V* napájení
- 5 *RESET*
- 6,7 *NC* nepoužité vývody
- 8 *SS* slave select (nezapojen)
- 9 *MOSI* masterOUT, slaveIN



Obr. 3-6 SPI programovací kabel

Pro naprogramování slouží vlastní redukce mezi 10ti vývodovým kabelem a 6ti pinovým konektorem na desce plošných spojů. Výrobce dodává zdarma vývojový software AVR Studio® verze 4. V tomto prostředí si uživatel vybere jaký typ mikroprocesoru používá a po připojení k programovacímu kabelu se sám objeví v

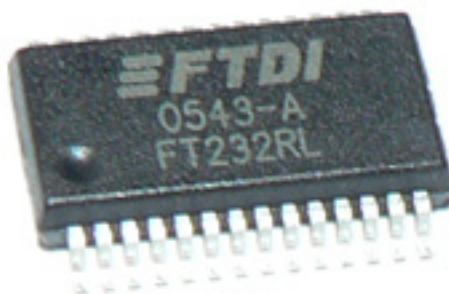
nabídce. Do paměti se jednak nahraje kód programu a za pomoci tzv. „Fuses“ se nastaví zdroj hodin, počáteční latence apod.

Programovací kabel	Konektor na desce
1	3
2,10	6
3	1
4	2
5	5
6,7,8	nepoužité
9	4

Tab. 3-3 Přizpůsobení programovacího kabelu

4.1.6 USB převodník

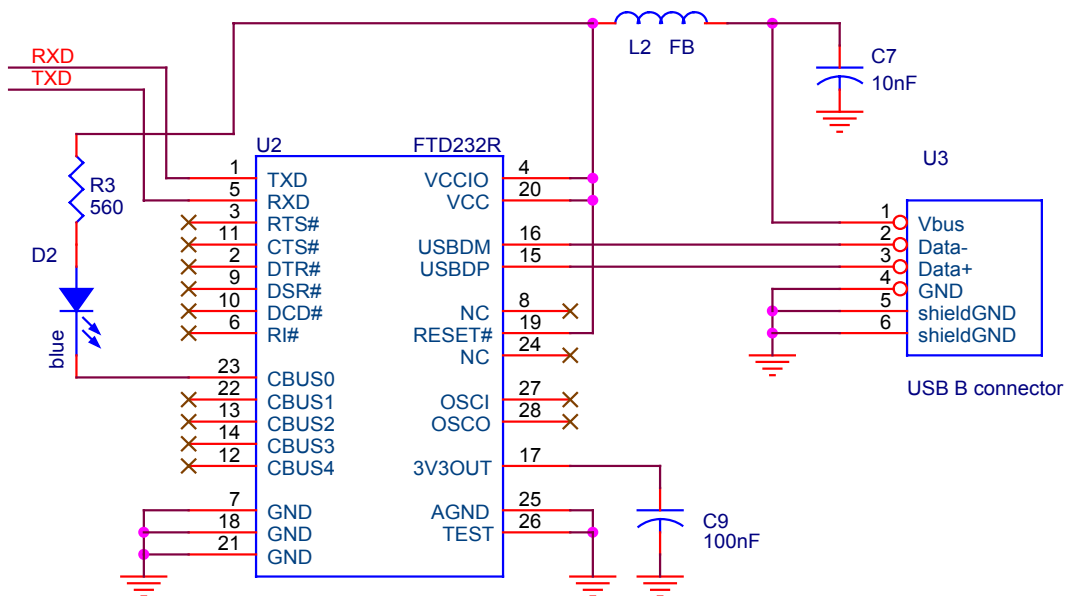
Možností jak komunikovat s USB je několik, někteří výrobci již implementují toto rozhraní do mikropočítačů. Další z variant je naprogramovat obsluhu USB portu do samotného řadiče. V této práci je užitá třetí možnost, tedy podpůrný obvod, který převádí USB na sériový UART.



Obr. 3-7 USB převodník FT232R

Výrobce	FTDIchip
Typ	FT232R
Rychlost	max 1Megabaud
EEPROM	1024 B sériové číslo, popis produktu
Interní hodiny	6, 12, 24, 48 MHz
Napájení	3,3 V – 5,25V
Spotřeba	15 mA
Poznámky	USB 2.0 kompatibilní, UART rozhraní

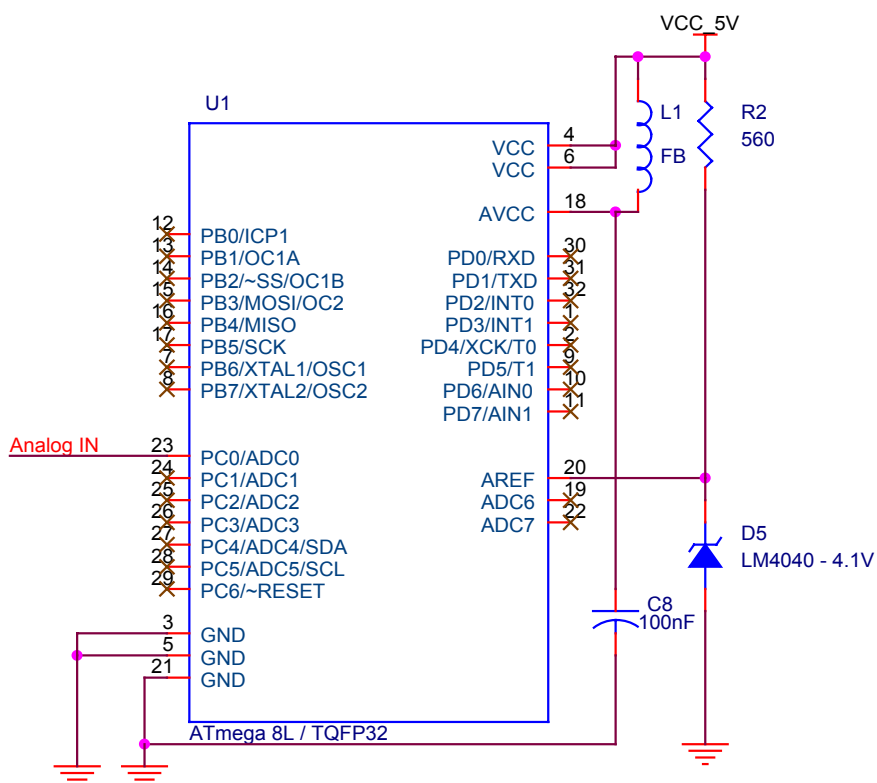
Tab. 3-4 Parametry FT232R



Obr. 3-8 Komunikace RXS/TXD - USB

4.1.7 A/D převodník

Pro konverzi analogového průběhu z tlakového snímače slouží vnitřní převodník Atmega8L.



Obr. 3-9 Zapojení A/D převodníku

Referenční diodou LM4040 se vytvoří pevných 4,1 V, jelikož napětí v USB může kolísat od 4,75 do 5,25 V. Dle doporučení výrobce se napájení analogové části odruší LC článkem. Libovolný pin označený ADCx může posloužit jako vstup pro analogový signál.

4.2 Program mikrořadiče

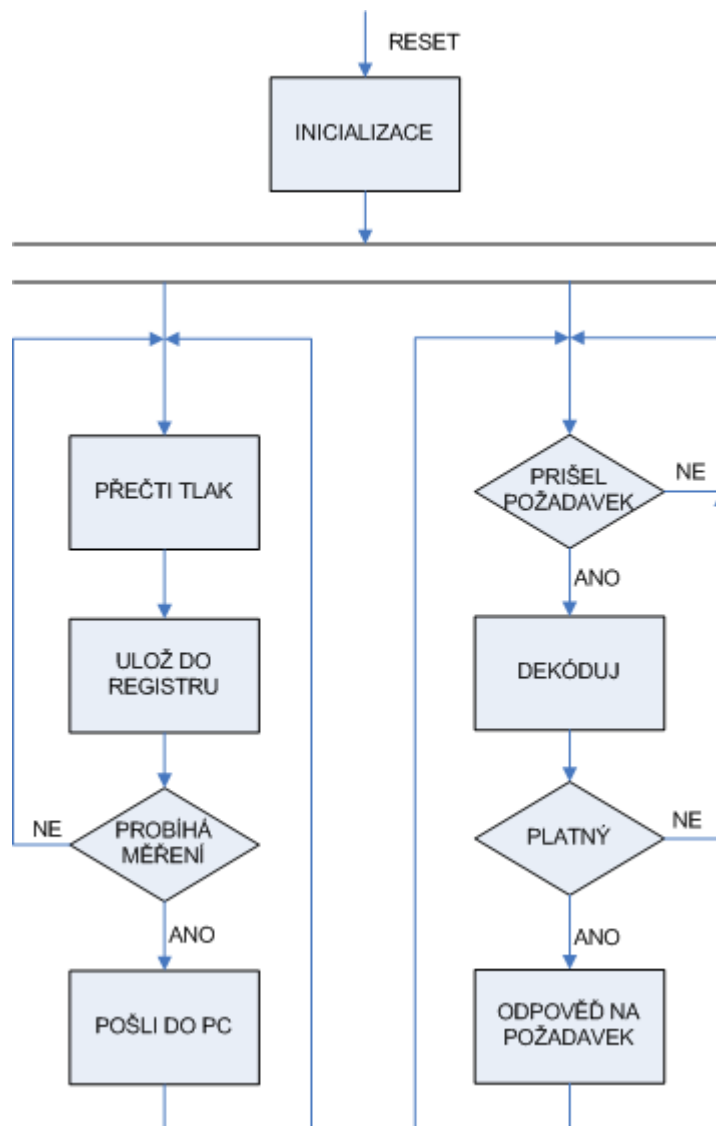
4.2.1 Popis činnosti

Po zapnutí napájení, tedy připojení k USB rozhraní počítače se spustí smyčka, ve které je cyklicky vyčítána hodnota převedeného napětí v A/D převodníku. Pokud je sepnut pin 24 k zemi, začnou se data sériově vysílat. Dojde-li k uvolnění kontaktu nebo k dosažení maximálního počtu vyslaných vzorků, vysílání se ukončí. Nutno dodat, že kalibraci hodnot tlaku musí obstarat aplikace v počítači.

Pošleme-li z počítače znak „d“ a „enter“, program vrátí hodnotu převedeného napětí z tlakového snímače. Dále lze použít dílčí příkazy „r“ a „v“ uvozené znakem „enter“, kde první způsobí reset a druhý vrátí verzi programu, která se také vysílá vždy po připojení k USB a restartování.

Pošleme-li na port, kde je připojen měřicí člen sérii znaku q1933y, pak lze přenastavit vzorkovací frekvenci повеlem „s“ a „enter“. Příkazem „t“ a „enter“ pak lze nastavit maximální počet vyslaných hodnot. Hodnoty se během sepnutí vysílají ve tvaru x000000, kde namísto nul je hodnota z převodníku.

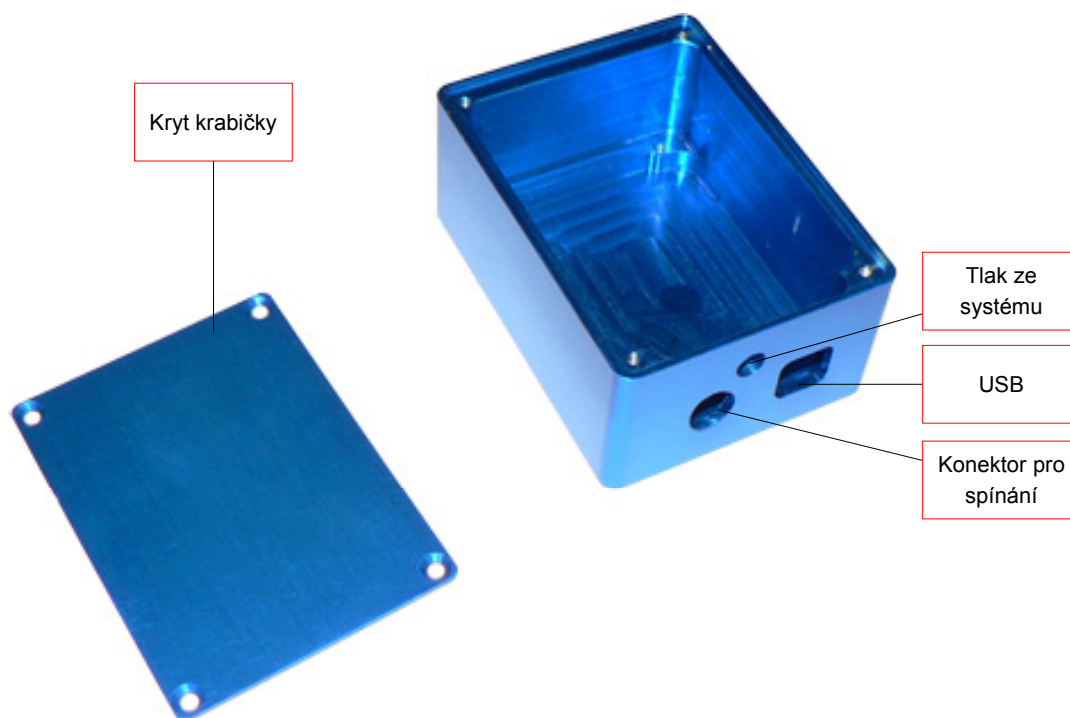
Program trvale rozsvěcí zelenou diodu, což představuje běh zařízení. Signalizační dioda na desce není vidět zvnějšku krabičky. Důvod je ten, že zařízení bude namontováno v zadní části alveografu a navíc připojení lze ověřit v PC aplikaci. Program (obr. 3-10) je napsán v jazyce assembler.



Obr. 3-10 Blokové schéma programu

4.3 Pouzdro měřícího vzorku

Krabička je navržena na míru podle uspořádání součástek na desce plošných spojů. Tvar krabičky je nakreslen v programu *SolidEdgeV16*, vyroben pak obráběcím centrem. Konstrukční materiál je $AlMgSi_{05}$ především z důvodu dobrého eloxování.



Obr. 3-11 Pouzdro tlakového převodníku

Otvory na boku krabičky slouží pro konektivitu s okolím. Do obdélníkového výřezu patří USB kabel propojovací typ A-B. V horním otvoru je umístěna průchodka tlakového vzduchu. Poslední otvor je opatřen průmyslovým konektorem a prochází jím signál o stavu tlakování.



Obr. 3-12 Náhled na funkční vzorek

4.4 Program do PC

4.4.1 Struktura

Po spuštění aplikace se na 2 s zobrazí titulní strana, dojde k načtení uložených dat a otevře se naposledy používaný sériový port, kde je očekáváno připojené zařízení. Pokud se navázání komunikace nezdaří, je obsluha upozorněna a v konfiguraci vybere daný port manuálně nebo zvolí automatickou volbu, bez správného nastavení nemůže obsluha pokračovat v činnosti. Vybere se také odpovídající tiskárna.

V hlavním okně lze vybrat položku *kalibrace*, kde se jednorázově zkalibruje tlakový převodník. Nedochází-li v budoucnu k žádným změnám v konfiguraci počítače či alveografu, nemusí již obsluha do těchto nabídek vstupovat.

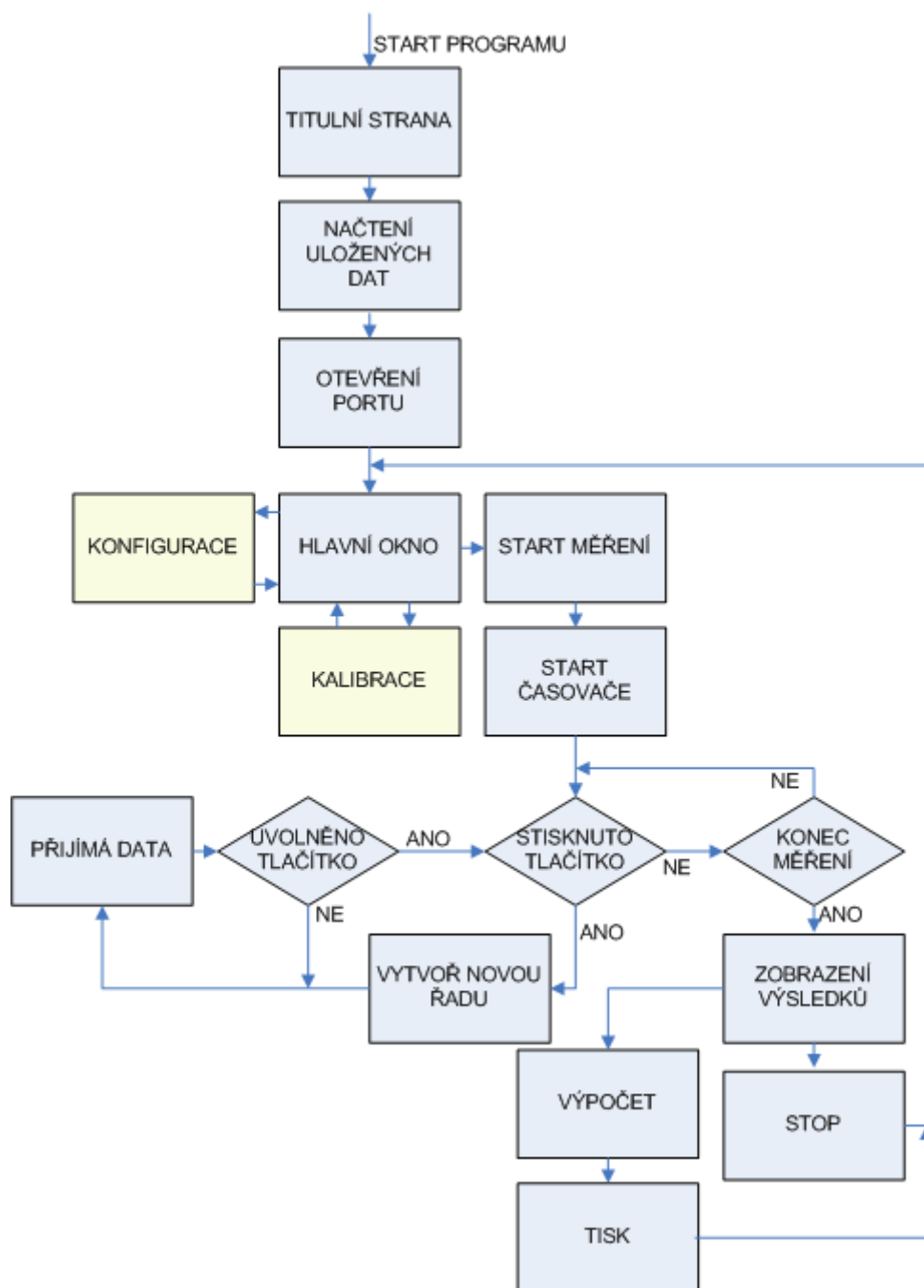
Po stisknutí tlačítka *start*, případně zaškrtnutí *automatického startu* program očekává příchozí data, která také přibližně zobrazuje v hlavním okně. Po ukončení příjmu se data zobrazí vykreslená v grafu. Vyhodnocuje se zpravidla 5 vzorků, v případě výrazné odchylky lze libovolný průběh vyřadit. Vykreslená data jsou vyfiltrována, dále lze nastavit úroveň ořezu od začátku i konce.

Tlačítkem *výpočet* se doplní všechny parametry k měřené sérii.

Pro další sadu měření lze zvolit *nové měření*, program se uvede do počátečního stavu.

V případě, že obsluha ukončí program, vlastní jednotka obstará uložení stavových hodnot programu do souboru, ze kterého se při dalším spuštění načtou.

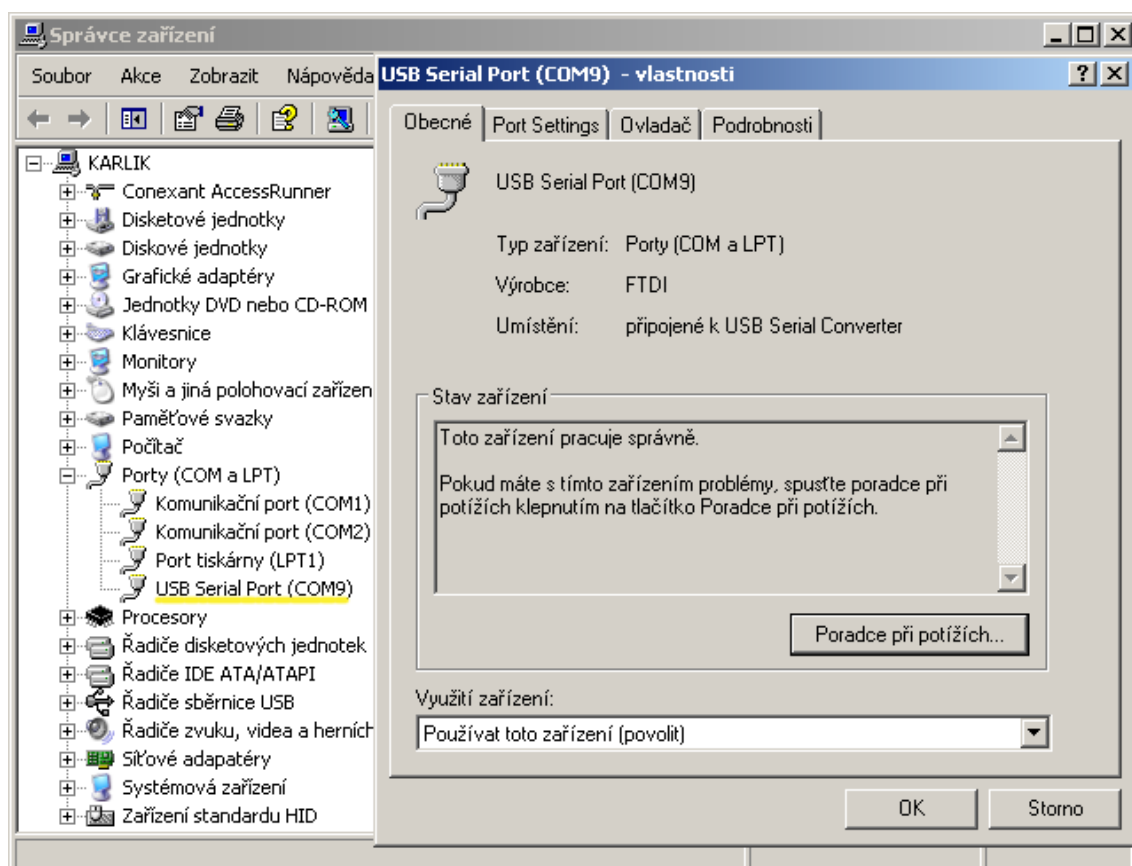
Výsledná aplikace bude používána v průmyslu, a proto je třeba ošetřit všechny možné chybové stavy, které by mohly v různých situacích nastat. Pokud se například nezdaří otevření portu, tak není uživateli umožněno spouštět měření, zobrazovat grafy nebo provádět kalibraci zařízení. Pokud se o to uživatel přesto pokusí, aplikace zobrazí informační nebo varovné hlášení s příslušným textovým oznámením o dané situaci. Toto rozšíření (ačkoli působí jednoduše) působilo značné problémy při implementaci.



Obr. 3-13 Blokové schéma obslužného programu

4.4.2 Identifikace v systému

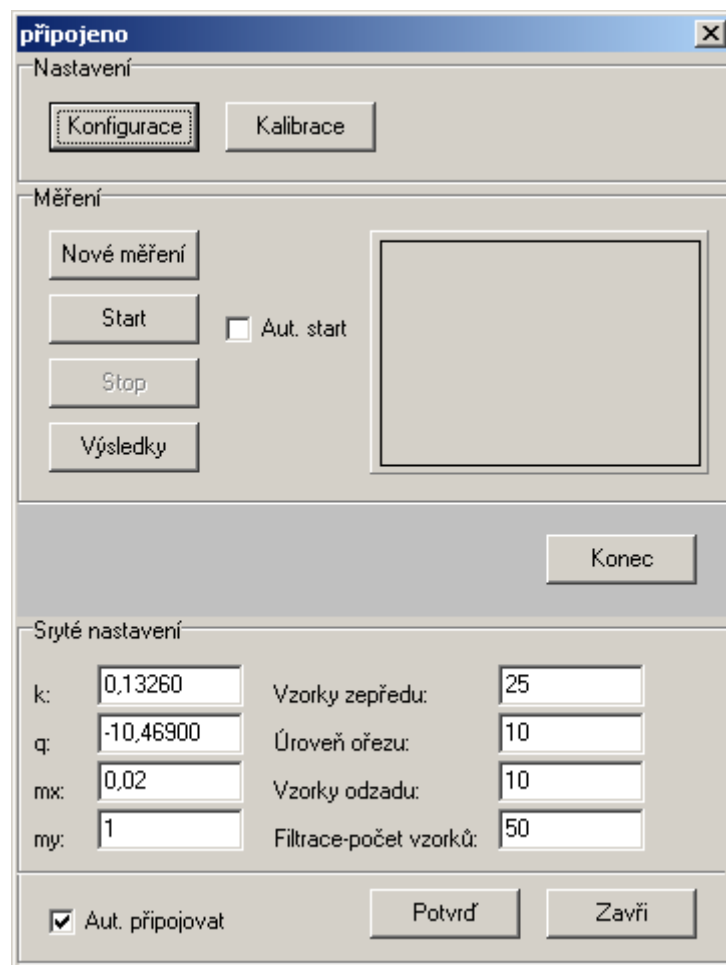
Komunikace mezi USB měřicím vzorkem a programem je umožněna pomocí ovladače instalovaném v systému počítače. Ovladač je volně dostupný na stránkách výrobce <<http://www.ftdichip.com/Drivers/VCP/Win2000/R2176.zip>>. Po instalaci a připojení se danému zařízení přiřadí vlastní COM port. Komunikace je tedy stejná jako po sériovém rozhraní RS232.



Obr. 3-14 Správce zařízení v operačním systému

4.4.3 Rozhraní programu

Základní okno (obr. 3-15) se zobrazí po spuštění programu.

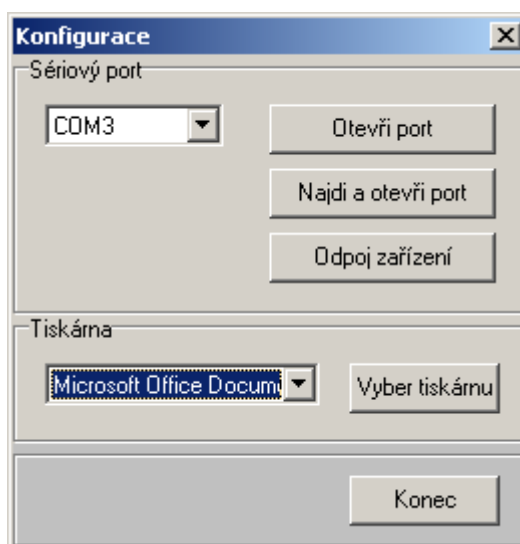


Obr. 3-15 Základní okno

- *Popis okna:* připojeno/nepřipojeno udává stav měřicího zařízení
- *Konfigurace:* nastavení portu a výběr tiskárny, obr. 3-16
- *Kalibrace:* parametry pro získání správných hodnot tlaku, obr. 3-17
- *Nové měření:* program smaže výsledky a naměřené křivky
- *Start:* obsluha potvrdí před měřením vzorku těsta
- *Aut. start:* pro opakované měření, obsluha tedy nemusí před každým měřením potvrzovat tlačítkem *Start* měření další křivky
- *Stop:* Během měření křivky, lze vyčítání dat přerušit
- *Výsledky:* Z naměřených křivek se vypočte výsledný průběh a parametry těsta
- *Okno malého grafu:* Slouží pro zobrazení dat během vyčítání, jde o informativní záležitost pro obsluhu
- *Konec:* Ukončení programu

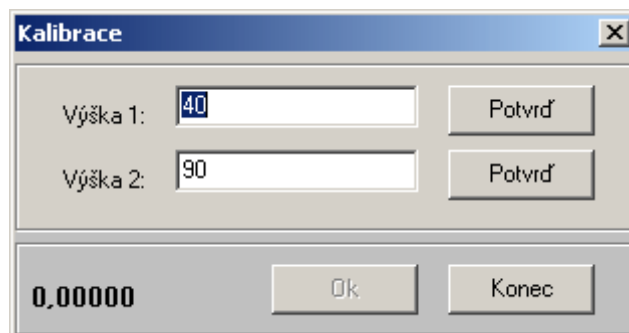
Panel *skryté nastavení* se odkryje po stisku kláves Alt+Ctrl+a. Jedná se o parametry, které se nastavují jednorázově při instalaci.

- k, q : Parametry lineárního přepočtu hodnot tlaku.
- m_x, m_y : Měřítko v ose x a y.
- *Vzorky zepředu*: Kolik hodnot se má od počátku .
- *Úroveň ořezu*: Pokud klesne závěr křivky pod tuto hodnotu, považuje se vzorek těsta za protržený.
- *Vzorky odzadu*: Značí kolik hodnot od konce křivky se má ubrat.
- *Filtrace-počet vzorků*: Parametr, který udává filtru, kolik hodnot má zprůměrovat.



Obr. 3-16 Konfigurační okno

- *Otevři port*: otevře port vybraný v seznamu
- *Najdi a otevři port*: program zjistí automaticky na kterém portu je zařízení (doporučená volba při prvním spuštění, případně později při změně v hardwarové konfiguraci počítače)
- *Odpoj zařízení*: dojde k odpojení
- *Vyber tiskárnu*: obsluha určí ze systémového výběru jaká tiskárna se použije pro tisk
- *Konec*: uzavře se okno

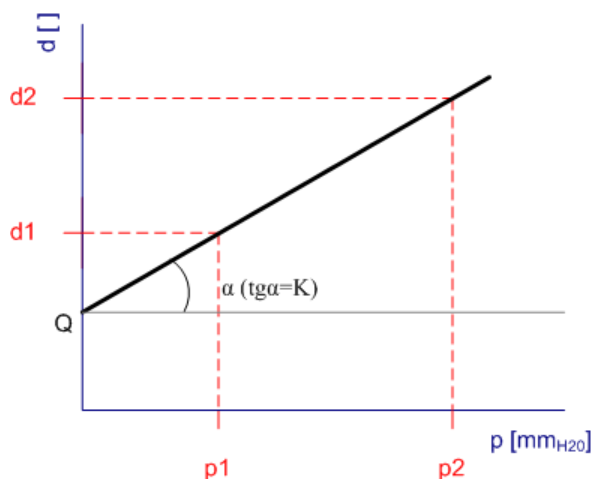


Obr. 3-17 Kalibrační okno

Ke správné interpretaci výsledku je nutné získávat přesná data o tlaku. Tlak v systému je úměrný napětí na výstupu tlakového snímače a tedy i binárnímu vyjádření této napěťové hodnoty. Výrobce tlakového převodníku však neudává v dokumentaci žádné informace o převodu z hodnoty tlaku do napětí, je tedy kalibrace nutná při první instalaci a dále pak při každé 6ti měsíční kontrole celého zařízení. Jedná se o kalibraci programu, nikoliv kalibraci tlaku v systému. V levém dolním rohu se ukazuje aktuální hodnota tlaku působící na membránu tlakového převodníku, údaj je již přepočítán dle kalibračních parametrů.

4.4.4 Převodní parametry

Obsluha připojí k systému vodní U-trubicí, která slouží pro zjištění hodnoty tlaku. Do měřicí hlavy vloží kalibrační štěrbinu a zajistí maticí. Spustí dmychadlo a škrticím ventilem si nastaví tlak na nižší hodnotu, např. 40 mmH₂O (Výška 1) . V okně potvrdí a stejným způsobem si nastaví v systému vyšší tlak 90 mmH₂O (Výška 2). Opět potvrdí. Tímto si program odvodí dva parametry lineární interpolace hodnot a dopočítá se s nimi ke správným hodnotám tlaku.



Obr. 3-18 Lineární převodní funkce

p_1, p_2 : hodnoty tlaku

d_1, d_2 : dekadické hodnoty z A/D převodníku

Obecná rovnice přímky $y = Kx + Q$

Vyjádření směrnice K

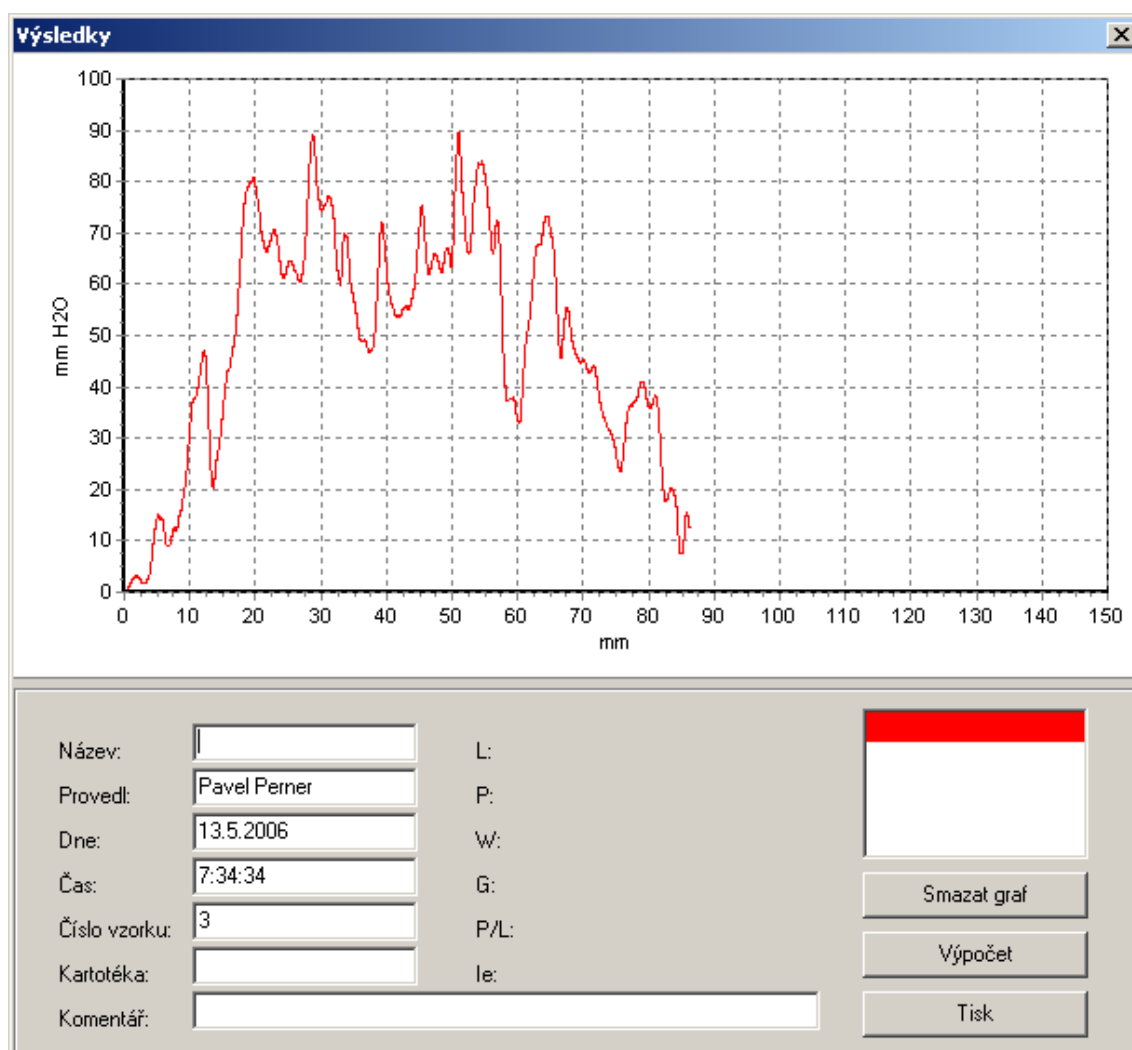
- $$K = \frac{d_2 - d_1}{p_2 - p_1}$$

Vyjádření posuvu Q

- $$Q = \frac{d_1 p_2 - d_2 p_1}{p_2 - p_1}$$

Během měření se příchozí datová hodnota vynásobí činitelem K a přičte se parametr posuvu Q . Tímto se získá hodnota odpovídající tlaku v systému [mmH₂O].

Okno se správně vykreslenými hodnotami tlaku se vyobrazí po prvním měření (obr. 3-19).



Obr. 3-19 Okno s průběhy a výsledky

- *Název, Provedl, Číslo vzorku, Kartotéka, Komentář:* zadává obsluha
- *Den, Čas:* vyplní program podle systémových hodnot
- Vybočuje-li křivka mimo trend ostatních obsluha smaže tlačítkem *smazat graf*.
- $L, P, W, G, P/L, I_e$ se doplní poté co obsluha provedla plánovaný počet měření (nejčastěji 5) a stiskla tlačítko *výpočet*. Tím se také doplní křivka výsledná, která vznikne zprůměrováním dílčích měření. Tlačítkem *tisk* se pak pošle na tiskárnu protokol o měření.

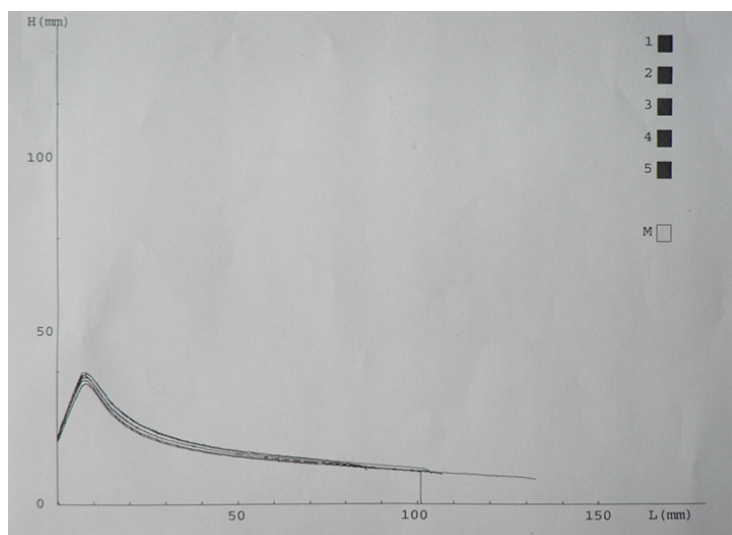
5 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ

Ze dvou odlišných vzorků mouky byl proveden test na zmodernizovaném alveografu a výsledky porovnány s přístrojem *Alveograf NG Konzistograf* od firmy *CHOPIN* vyrobeného v roce 2001, který je v praxi velmi osvědčený.

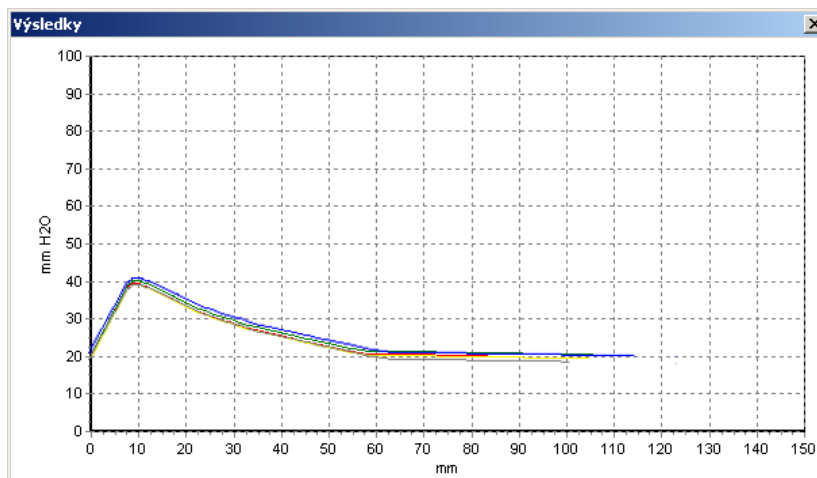
5.1 Mouka oplatková

Tento druh mouky je určen do řidších těst vylívaných do oplatkových forem. Vyznačuje se nízkou hodnotou lepku, těsto tedy během tepelného zpracování výrazně nezvětší svůj objem. Hotový produkt má křehkou strukturu, je nepružný. Výrobky z této mouky dosahují dlouhých dob minimální trvanlivosti.

Poměr P/L je vždy menší než 1, běžně bývá kolem 0,5. Hodnota energie těsta W bývá menší, zpravidla poloviční, oproti ostatním druhům mouk.



Obr. 4-1 Alveograf NG Konzistograf, mouka oplatková



Obr. 4-2 Zmodernizovaný alveograf, mouka oplatková

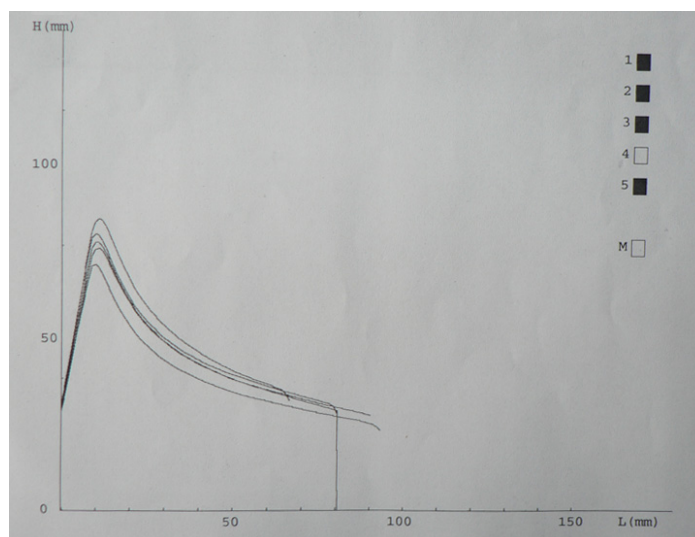
Jednotka	Zmodernizovaný přístroj	Alveograf NG Konzistograf
P [mmH ₂ O]	40	41
L [mm]	105	101
G [°]	22,8	22,4
W [10 ⁻⁴ J]	117	114
P/L [°]	0.38	0,41
I_e [%]	43,2	44,1

Tab. 4-1 Porovnání mouky oplatkové

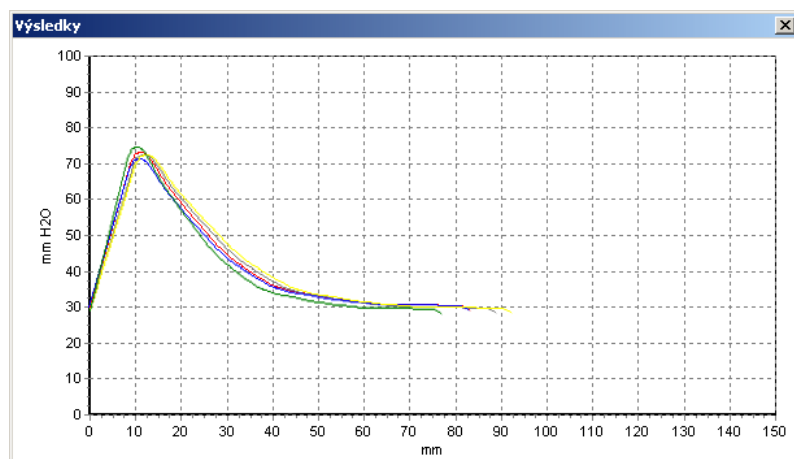
5.2 Mouka pekařská 530

Tento typ mouky je také znám pod označením mouka hladká. Používá se pro výrobu běžného světlého pečiva jako rohlíky, housky dále do korpusových směsí a cukrářských výrobků. Mouka má vyšší hodnotou lepku, během pečení získává těsto na objemu, má vzdušnou strukturu a stálou klenbu. Hotový produkt má křehkou strukturu, je nepružný. Výrobky z této mouky jsou určeny k okamžité spotřebě..

Poměr P/L je okolo hodnoty 1. Hodnota energie těsta W běžně přesahuje hodnotu $200 \cdot 10^{-4}$ J ,



Obr. 4-3 Alveograf NG Konzistograf, mouka pekařská 530



Obr. 4-4 Zmodernizovaný alveograf, mouka pekařská 530

Jednotka	Zmodernizovaný přístroj	Alveograf NG Konzistograf
P [mmH ₂ O]	74	82
L [mm]	83	81
G [°]	20,3	20
W [10 ⁻⁴ J]	245	242
P/L [°]	0,9	1,06
I_c [%]	58,1	55,3

Tab. 4-2 Porovnání mouky pekařské 530

5.3 Shrnutí výsledků:

Bylo provedeno porovnávací měření s přístrojem, který je běžně nasazen v praxi. Mezi přístroji je technologický rozdíl, ale na interpretaci výsledků to příliš znát není. Test pro mouku oplatkovou se odlišuje jiným tvarem sestupu tlaku při klesání od hodnoty maxima, což ukazuje spíše na mírné odlišnosti vzorku těsta. Korespondence výsledků je však velmi dobrá, tab. 4-1. Trend křivek (obr. 4-3, obr. 4-4) pro mouku pekařskou je stejný, pouze dosažené hodnoty maxima se liší. Tento jev nastává po delším běhu alveografu, kdy se mírně mění chování dmychadla, což se právě projevuje změnou tlaku v systému.

6 ZÁVĚR

Cílem práce bylo především navržení modernizovaného vyhodnocení a zpracování měřených dat na přístroji pro měření tažnosti (alveografu).

Jádrem realizace je pak jednočipový mikropočítač, který převádí data z tlakového snímače a odesílá je po sériové lince USB do osobního počítače. Se zařízením lze rovněž komunikovat za pomoci příkazů, tedy jeho uplatnění lze rozšířit i do jiných aplikací, kde se zjišťuje úroveň tlaku až do hodnoty 12 mbar.

Software pro vyhodnocení měřených křivek výrazně usnadní obsluhu analýzu vzorků mouk a zkrátí čas, který byl dříve potřebný k vyhodnocení na minimum.

Pro praxi je přínos jasný, jde především o komfortní řešení pro stávající systémy za velmi nízkých pořizovacích nákladů.

V modernizaci alveografu je možné dále pokračovat. Veliký pokrok v oblasti by učinila vlastní automatická kalibrace průtoku vzduchu a dále řízené ochlazování temperační komůrky, která je dnes vybavena pouze ohřívacím tělesem a v případě, že je přístroj déle v provozu, měřící hlavu zahřívá také teplo vznikající chodem dmychadla a teplota procesu pak přesahuje 25° C, což norma nedovoluje.

LITERATURA

- [1] MATOUŠEK D.: USB prakticky s obvody FTDI - 1. díl, 1. vydání Praha: BEN, 2003. ISBN 80-7300-103-9
- [2] MATOUŠEK D.: Udělejte si z PC... 2. díl, 1.vydání Praha: BEN, 2002. ISBN 80-7300-072-5
- [3] PŘÍHODA J., HUMPOLÍKOVÁ P., NOVOTNÁ D.: Základy pekárenské technologie, 6. vydání Pekař a cukrář s.r.o. 2003. ISBN 80-902922-1-6
- [4] BRABENDER: Extensograph ® - E *Instruction Manual*, Brabender OHG, 2004. No. 17096 E
- [5] BRABENDER: Farinograph ® with USB port *Instruction Manual*, Brabender OHG, 2004. No. 17073,4
- [6] STEVE TEIXERA, XAVIER PACHECO: Mistrovství v Delphi 6, Praha Computer Press, 2002. ISBN: 8072266276
- [7] ATMEL CORPORATION: Atmega8(L) *data sheet*. [online]. 2006 [2006-02]
URL:<http://atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2486.pdf>
- [8] SCHAEVITZ: Ares series *data sheet*. [online]. 2005-03 [2006-03-01]
URL:<<http://rocky.digikey.com/WebLib/Schaevitz/Web%20Data/Ares%20Series.pdf>>
- [9] FTDI CHIP: FT232R USB UART IC *data sheet*. [online]. 2006-01 [2006-02-15]
URL:<http://www.ftdichip.com/Documents/DataSheets/DS_FT232R_v104.pdf>
- [10] MAXIM IP: Max1044/ICL766 *data sheet*. [online]. 1994-07 [2006-03-08]
URL:<<http://pdfserv.maxim-ic.com/en/ds/ICL7660-MAX1044.pdf>>